

Sätechnik

Till Meinel,
Institut für Landmaschinentechnik und Regenerative Energien, Technische Hochschule Köln

Kurzfassung

Weitere Verbesserungen der Prozessautomation bestimmen die Entwicklung der Sätechnik. Bisher unberücksichtigte Parameter werden gemessen und für Steuerungs-, Überwachungs- und Dokumentationsfunktionen intelligent verknüpft. Leistungsfähigere Sensoren und praxisorientierte Weiterentwicklungen mechanischer Komponenten entlasten die Bediener und verbessern die Präzision der Aussaat. Die weltweite Nachfrage nach Einzelkornsämaschinen hält an und ist auch für neue Anbieter interessant. Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit der Optimierung der Kornvereinzelung und der Schaffung weiterer Grundlagen für die Prozessautomation.

Schlüsselwörter

Drillsaat, Einzelkornsäat, Prozessautomation

Seeding Technology

Till Meinel, Institute of Agricultural Engineering and Renewable Energies, TH Köln - University of Applied Sciences

Abstract

Further improvements in process automation determine the development of seeding technology. Previously unrecognized parameters are measured and intelligently linked for control, monitoring and documentation functions. More powerful sensors and practical advancements of mechanical components relieve the operator and improve the precision of sowing. The global demand for precision seeders continues and is interesting for new manufacturers. Research work deals with the optimization of the seed singling and the creation of additional basics for process automation.

Keywords

Drilling, precision sowing, process automation

Einleitung

Die Hersteller von Sämaschinen präsentierten anlässlich der Agritechnica 2015 in Hannover zahlreiche Weiterentwicklungen mit dem Ziel zunehmender Prozessautomation, Präzision, Ressourcenschonung und Bedienerentlastung. Verbesserte Speziälsensoren und leistungsfähige Multisensorsysteme bilden die Grundlage für den weiterzunehmenden Elektronikeinsatz in der Sätechnik. Hinzu kommen praxisorientierte Weiterentwicklungen mechanischer Komponenten wie Dosiergeräte für Drillmaschinen, die erneut die hohe Kompetenz der Sätechnikhersteller unterstreichen. Wissenschaftliche Arbeiten beschäftigen sich u.a. mit Simulationsmöglichkeiten der Kornvereinzelung, verbesserter Kornvereinzelung sowie dem Einfluss der Kornausrichtung bei der Maissaat.

Drillsaat

Lemken stellte elektrisch angetriebene Vertikaldosierer für pneumatische Drillmaschinen vor, die eine automatisierte Abdreprobe ermöglichen. Während des automatischen Abdrehvorganges wird das Saatgut aller Dosiereinheiten nicht zu den Säscharen, sondern über einen Bypass in einen auf einer Wägezelle befestigten Messtank gefördert (**Bild 1**). Der Messtank übergibt das Saatgut nach Abschluss der Wiegung zurück in den Saatgutbehälter. Aus den vom Bediener vorabingegebenen Parametern Aussaatmenge, Saatgutart, Tausendkornmasse und maximale gewünschte Arbeitsgeschwindigkeit errechnet das System die Wiegezähl und die maximal mögliche Arbeitsgeschwindigkeit. Bestätigt der Bediener die vorgeschlagenen Werte, ist die Abdreprobe abgeschlossen. Ein direkter Zugang zu Dosiereinheit und Auffangbehälter ist nicht notwendig. Alle Arbeitsschritte sind vom Fahrersitz aus möglich, sodass eine Überprüfung der Maschineneinstellung auch während der Drillarbeit erfolgen kann.

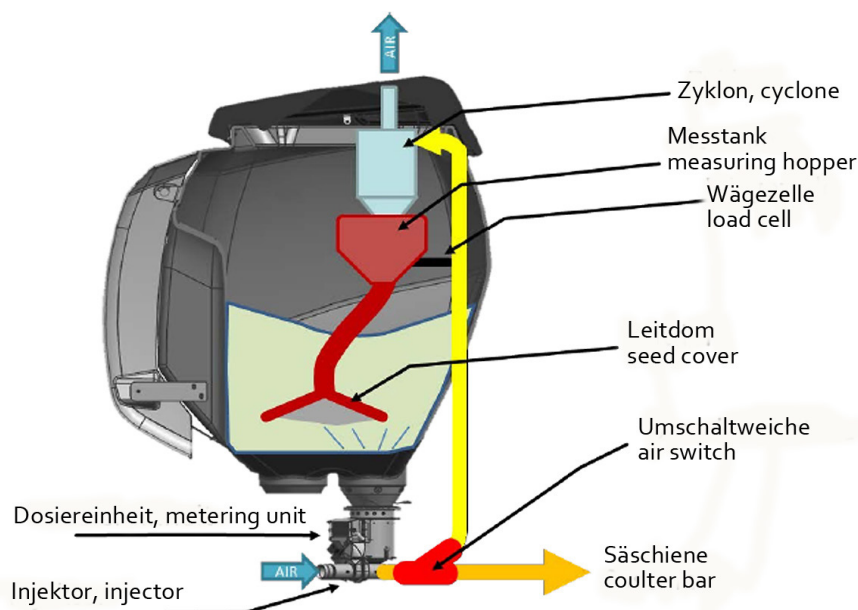


Bild 1: System zur automatisierten Abdreprobe [1]

Figure 1: System for automated calibration test [1]

Väderstad präsentiert modular aufgebaute Dosiergeräte für Saatgut und/oder Dünger, die jeweils 2 m Arbeitsbreite versorgen und dadurch Teilbreitenschaltungen ohne zusätzliche Bauteile ermöglichen. Weitere nützliche Eigenschaften bestehen nach Darstellung des Herstellers in der Wahlmöglichkeit für den Landwirt, Saatgut und Dünger gemischt oder getrennt auszubringen oder beide Tanks mit Saatgut zu befüllen. Ein weiterer Vorzug ist die luftdichtende Arbeitsweise des Dosierrotors im Gehäuse, weshalb auch bei offenen Tanks kein Injektor zum Einspeisen des Saatgutes in den Luftstrom notwendig ist - mit dem Effekt geringerer Leistungsverluste [2].

Kverneland rüstet einige Modellreihen pneumatischer Drillmaschinen mit einem elektrisch angetriebenen, ISOBUS-fähigen Dosiergerät aus, das sowohl für Injektormaschinen als auch für Maschinen mit Drucktank vorgesehen ist. Beim Einsatz in Drucktankmaschinen verhindert eine zusätzlich montierte Dichtung einen Luftaustritt am Dosiergerät. Zur exakten Dosierung von Fein- und Grobsaaten sowie granuliertem Dünger stehen unterschiedliche Rotoren zur Verfügung. Das System erkennt automatisch die aktuell im Dosiergerät montierten Rotoren und warnt den Bediener, falls diese nicht mit der gewählten Saatgutart übereinstimmen [3].

Horsch entwickelte eine Direktsaatmaschine mit Einscheibenscharen, die einen maximalen Schardruck von 200 kg erreichen, **Bild 2**. Die Schare sind mit einer seitlichen Tiefenführungsrolle sowie einer nachlaufenden Druckrolle zum Schließen der Saatsfurche und zur Saatguteinbettung ausgerüstet.



Bild 2: Einscheiben - Direktsaatschar von Horsch [4]

Figure 2: Horsch single disc coulter for direct seeding [4]

Ein von Amazone entwickeltes System erkennt und kompensiert automatisch die bei pneumatischen Drillmaschinen unvermeidbare Verzögerungszeit zwischen Start oder Stopp der Dosierung und dem Beginn oder Ende der Kornablage in der Saatsfurche. Diese Verzögerungszeit kann je nach Aufbau und Betriebspunkt der Maschine (Gebläsedrehzahl) mehrere Sekunden betragen. Sie variiert in Abhängigkeit vom Saatgut und weiteren Parametern wie Feuchtigkeit oder Art des Beizmittels und ist für eine präzise Aussaat beim Arbeiten mit

Section Control zu berücksichtigen. Ein optischer Sensor erkennt Beginn oder Ende der Saatgutförderung direkt am Schar, wodurch das System auch auf Änderungen bei den Förderereigenschaften des Saatgutes reagiert. Die Maschinensteuerung berechnet automatisch die Förderzeit und bestimmt den optimalen Zeitpunkt für Start und Stopp der Dosierung am Vorgewende, **Bild 3**. Eine optische Darstellung im Display, kombiniert mit einem akustischen Signal zeigt dem Fahrer, dass ab diesem Zeitpunkt die Geschwindigkeit bis zum Erreichen oder Verlassen des Vorgewendes konstant gehalten werden muss. Das Assistenzsystem gibt dem Fahrer somit eine Hilfestellung, um ein optimales Schalten und damit verbessertes Säbild zu erreichen [5].

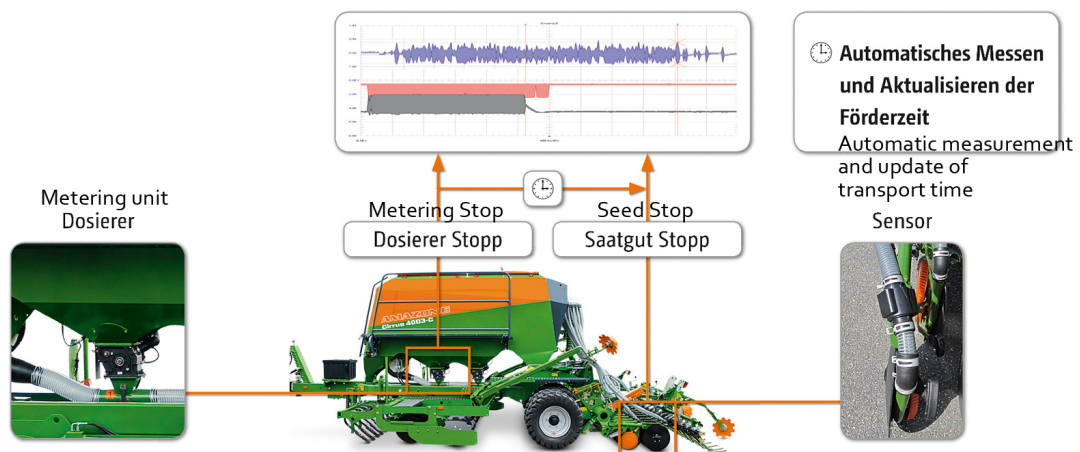


Bild 3: GPS-Switch mit AutoPoint von Amazone [5]

Figure 3: Amazone GPS-Switch with AutoPoint [5]

Seit Jahren arbeiten Hersteller und Wissenschaftler an den von Praktikern geforderten Sensoren zur Körnerzählung bei Drillmaschinen. Diese Sensoren realisieren eine vollautomatische Regelung der Aussaatmenge und erübrigen dadurch die Abdrehprobe. Hohe Kornfrequenzen, kleines und teilweise gehäuftes Saatgut sowie Verschmutzung durch Staub und Beizmittel verhinderten bisher die breite Einführung in die Praxis [6]. Anlässlich der Agritechnica 2015 gibt es zwei Neuvorstellungen, die laut Herstellerangaben die genannten Forderungen erfüllen:

Digitroll und Väderstad stellten einen Körnersensor vor, der mittels Infrarotlicht und sechs Fototransistoren die aktuelle Körnerzahl in jeder Saatleitung pneumatischer Drillmaschinen mit einer Genauigkeit von 98 - 99 % bei einer Kornfrequenz von 250 Körnern pro Sekunde zählt [7].

Müller Elektronik und Horsch präsentierten einen Sensor mit Zählfrequenzen bis zu 10.000 Körner pro Sekunde und Selbstreinigungseffekt [8; 9]. Sind alle Saatleitungen der Drillmaschine mit diesen Sensoren ausgestattet, ist keine Abdrehprobe notwendig. Vor dem Arbeitsbeginn teilt der Bediener dem System die gewünschte Kornzahl je m^2 mit, danach erfolgt die Regelung der Saatmenge automatisch.

Agtron Enterprises Inc. entwickelte Durchflusssensoren für Airseeder, die keine Kabel benötigen. Die Sensoren senden ihre Signale über ein energieeffizientes vermaschtes Netz (wireless mesh network) zum jeweils benachbarten Sensor. Die benötigte Energie erzeugen in den Sensor integrierte Vibrationsgeneratoren, die die Schwingung der Säscharre in elektrische Energie wandeln und ca. 0,5 mW Leistung aufweisen [10]. Zentrale, von der Traktorbatterie gespeiste Sender-/Empfängereinheiten sammeln die Sensorsignale und übermitteln sie an den Monitor in der Traktorkabine. Dieser Aufbau ermöglicht die Anordnung der Sensoren unmittelbar am Schar, wodurch Verstopfungen wesentlich frühzeitiger erkannt werden können als bei am Verteiler montierten Sensoren.

Einzelkornsaat

Lemken bringt mit der Azurit eine Einzelkornsämaschine neu auf den Markt, die das Saatgut in einer gespreizten Reihe mit einem Abstand von 12,5 cm zwischen den Teilreihen ablegt. Vor der Saatgutablage platziert ein Düngeschar mittig zwischen den Säreihen ein Düngerbänd. Die nachfolgende Trapezwalze schließt die Düngefurche und bereitet ein ebenes, rückverfestigtes Saatbeet, **Bild 4**. Vorteile dieses Prinzips sieht Lemken in der besseren Standraumverteilung der Pflanzen (Dreiecksverband durch synchronisierte Säscheiben) und in der exakten Kornvereinzelung auch bei hohen Arbeitsgeschwindigkeiten, was aus der prinzipbedingten halbierten Vereinzelungsfrequenz pro Säscheibe resultiert [11].

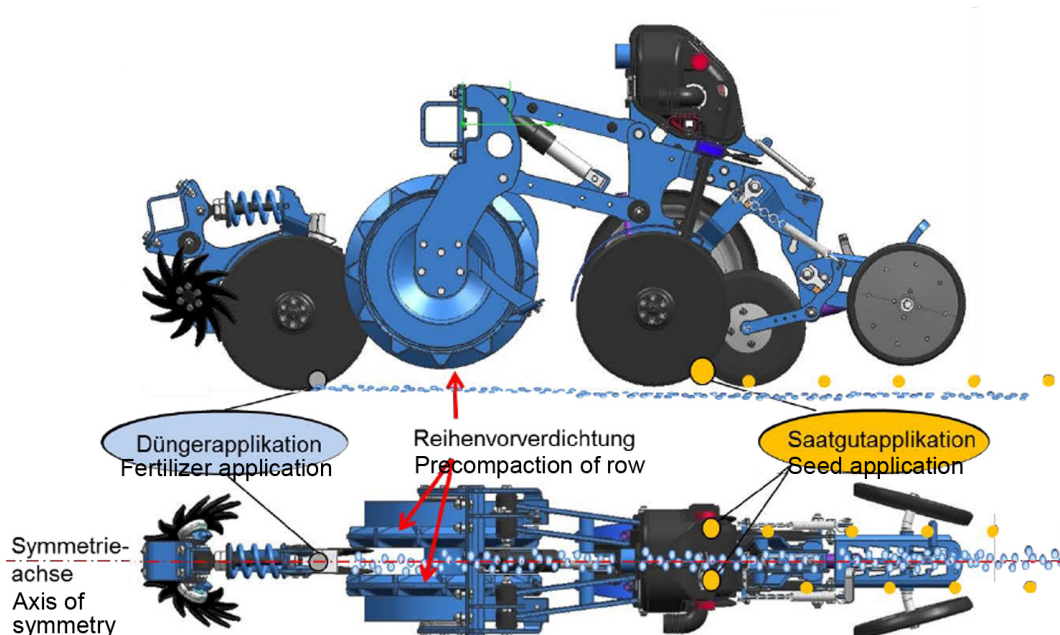


Bild 4: Lemken Azurit Säaggregat für DeltaRow [11]

Figure 4: Lemken Azurit sowing unit for DeltaRow [11]

Mehrere Hersteller statten ihre Maschinen erstmals mit Regeltechnik für bisher nicht überwachte Qualitätsparameter bei der Einzelkornsaat aus. Dazu gehören Tiefenablage, Saat-Boden-Kontakt und gleicher Saatabstand bei der Kurvenfahrt.

John Deere verbessert die Automatisierung der Einzelkornsaat durch eine intelligente Verknüpfung dieser Parameter für Steuerungs-, Überwachungs- und Dokumentationsfunktionen. Aufgezeichnete Prozessdaten sind online und offline visualisierbar [12]. Die Regelung der Ablagetiefe bei der ExactEmerge erfolgt mit einem pneumatischen Anpressdrucksystem auf Basis der durch Druck-, Kraft- und Beschleunigungssensoren an der Säreihe gemessenen Restkraft, die zwischen den Tiefenführungsradern und dem Boden wirkt (Anpressdruckreserve). Die Anpassung der Kornabstände bei Kurvenfahrt bezeichnet John Deere als Curve Compensation Technologie. Ein dreiachsiger Beschleunigungssensor und ein Gyroskop erfassen die Dynamik der Sämaschine und führen ihre Messwerte dem Regelkreis der Kornabstände zu. Ebenfalls neu ist die Durchflussmengenregelung am hydraulischen Traktorsteuergerät für den Gebläseantrieb der Einzelkornsämaschine auf Basis des Unterdrucks an den Säscheiben - ein weiteres Beispiel einer Traktor-Anbaugeräte Automatisierung.

Das AutoForce-System von Horsch passt den Schardruck automatisch an die Bodenbedingungen an und ermöglicht die exakte Einhaltung der Ablagetiefe bei wechselnden Bodenbedingungen [13]. Mit Contour Farming ist die Maestro SW in der Lage, die Kornabstände bei Kurvenfahrt zu optimieren. Zwei an den Außenkanten der Einzelkornsämaschine montierte Radarsensoren ermitteln die Geschwindigkeit. Abhängig von der Geschwindigkeitsdifferenz dosieren die kurveninneren Säreihen weniger Körner je Zeiteinheit als die kurvenäußeren. Dadurch bleibt die Aussaatmenge je Hektar pro Reihe identisch mit der voreingestellten Sollmenge [14].

Great Plains stellt ein Punktapplikationssystem für Flüssigdünger bei der Maisaussaat vor, **Bild 5**. Das System regelt Zeitpunkt und Dauer der Öffnung des Auslassventils basierend auf der vorgewählten Nährstoffmenge, dem gewünschten Abstand zum Saatkorn und dem vorhandenen Systemdruck [15]. Erste Anwendungsergebnisse in den USA aus dem Jahr 2014 ergaben Kosteneinsparungen von 51 €/ha bei einer Ausbringungsmenge von 23 l/ha (7-22-5 plus Zink) in Maisbeständen mit Doppelreihen und 79.000 - 99.000 Pflanzen/ha.

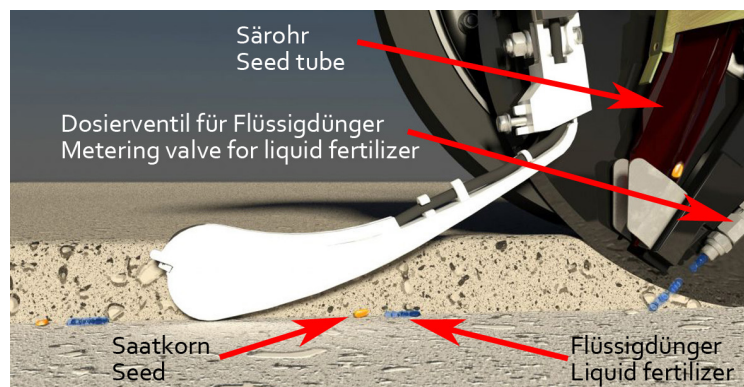


Bild 5: AccuShot System zur präzisen Flüssigdüngerapplikation bei der Maisaussaat [15]
Figure 5: AccuShot System for precise liquid fertilizer application at maize planting [15]

Die von Kverneland vorgestellte Einzelkornsämaschine TF Profi erhöht ebenfalls die Präzision bei der Startdüngerausbringung zur Maisaussaat. Die Maschine verfügt über Wiegestäbe unter dem Düngertank sowie einen Neigungssensor, deren Signale im ISOBUS-System verarbeitet werden und die im Terminal eingegebene Ausbringungsmenge permanent überwa-

chen. Der Abdrehvorgang für die Düngerausbringung entfällt. Auch bei sich ändernden Düngereigenschaften z.B. durch wechselnde Feuchtigkeit oder heterogene Düngerschichten bleibt die Ausbringmenge konstant [16].

Die Firma Grimme Landmaschinenfabrik stellte sich zur Agritechnica 2015 als neuer Anbieter für Einzelkornsämaschinen vor. Die mechanische Einzelkornsämaschine MATRIX für Zucker- und Futterrüben, Chicorée sowie Raps ist 12- oder 18-reihig mit 45, 48 oder 50 cm Reihenabstand lieferbar. Die Maschine ist für Mulch- und Normalsaat geeignet und kann mechanisch mit bis zu 90 kg, optional hydraulisch bis zu 190 kg pro Reihe belastet werden. Die Vereinzelnung erfolgt in einem tief im Schar positionierten innenbefüllten Zellenrad mit nur 2,5 cm Fallhöhe. Der elektrische Antrieb der Säaggregate macht die Maschine ISOBUS-fähig und bietet die bekannten Anwendungsmöglichkeiten wie z. B. flexible Fahrgassen und Nutzung des Rendreiheneffektes. In Verbindung mit GPS sind weitere Funktionen wie Section Control möglich [17].

Forschungsergebnisse

Yazgi führte die Untersuchungen von Koller [18] zum Flugverhalten vereinzelter Maiskörner nach dem Abwurf von der Säscheibe mit einem Vereinzelnungsaggregat AGCO White 9000 Series fort [19]. Die Untersuchungen erfolgten sowohl mit flachen als auch mit runden Kornformen und bei verschiedenen Neigungswinkeln des Säaggregates, um Hangeinflüsse zu simulieren. Die Ergebnisse zeigen, dass die Vereinzelnungsgenauigkeit unter den gegebenen Bedingungen von der Kornform nur wenig, von der Hangneigung jedoch stark beeinflusst wird.

Taylor untersuchte den Einfluss des Ablagewinkels von Maissaatgut in Bezug zur Richtung der Maisreihe auf die Ausrichtung der Blätter und den Ertrag [20; 21]. Die Ausgangshypothese bestand darin, dass der Kornertrag bei Mais durch bessere Ausnutzung des Lichtes gesteigert werden könne, wenn die Blätter aller Pflanzen quer zur Reihenrichtung ausgerichtet sind. Einjährige Ergebnisse zeigten keine signifikanten Ertragsunterschiede, die Richtung der Blattausbildung korrelierte jedoch unterschiedlich mit der Ausrichtung der manuell gelegten Maiskörner.

Den Einfluss von Anpresskraft und Fahrgeschwindigkeit auf die Pflanzenabstände bei Mais ermittelte Yazgi unter Direktsaat- und Strip till- Bedingungen. Eine vierreihige Anbaumaschine John Deere 7300 kam bei Geschwindigkeiten von 4,8 - 14,4 km/h zum Einsatz. Messgrößen waren neben den Kornabständen im Fallrohr die vertikalen Kräfte und Beschleunigungen an den Säaggregaten sowie die Vertikalbeschleunigung des Rahmens. Im Ergebnis zeigten sich signifikante Geschwindigkeitseinflüsse, während die Anpresskräfte keine eindeutige Auswirkung auf die Pflanzenabstände aufwiesen [22].

Die Optimierung der Tiefenführung bei Säaggregaten für die Direktsaat von Mais sowohl in einer Simulation als auch in praktischen Feldtests wird in [23] beschrieben. Das untersuchte Aggregat verfügt über ein Doppelscheibenschar mit seitlichen Tiefenführungsrollen. Die Simulationsergebnisse ergaben bei Geschwindigkeiten von mehr als 9 km/h eine deutliche Verschlechterung der Tiefengenauigkeit.

Der Einfluss des elektrischen oder mechanischen Antriebs auf das Vereinzelergebnis bei Vereinzlungsaggregaten für Mais ist Gegenstand der Untersuchung in [24]. Das Aggregat arbeitet nach dem bekannten Prinzip des außen durch Schwerkraft befüllten Zellenrades mit pneumatischer Vereinzlung. Die Untersuchungen bei 8 km/h und 25 cm Kornabstand zeigen, dass die Höhe des Luftdrucks das Vereinzelergebnis signifikant beeinflusst, während die Art des Antriebssystems nicht signifikant wirkt.

Prüfer quantifizierte im Projekt ADALS - Anwenderfreundliche DEM - Datenbank für landwirtschaftliche Stoffe - wesentliche Stoffeigenschaften von Saatgütern, um diese für Anwender von DEM- Simulationstools verfügbar zu machen. Statische und dynamische Testverfahren zur Parameterbestimmung wurden verifiziert, so dass künftig die Parameter weiterer granulierter Stoffe, z. B. Mineraldünger, mit geringem Aufwand in die Datenbank integriert werden können [25].

Das Verhalten von Baumwollsaamen bei der Vereinzlung mit einem nach dem Saugluftprinzip mit senkrechter Lochscheibe arbeitenden Vereinzlungsaggregat wird in [26] untersucht. Um Brückenbildung im Saatgut zu verringern, erfolgt die Optimierung von Saugflächengeometrie und Rührwerk mittels einer DEM-Simulation. Diese Simulation basiert auf der Modellierung aller beim Vereinzlungsvorgang wirkenden Kräfte. Ähnliche Untersuchungen mit mechanisch arbeitenden Vereinzlungsaggregaten für Mais und Reis werden in [27] und [28] beschrieben.

Siemens und Gayler vergleichen die Ablagegenauigkeit mechanischer und pneumatischer Systeme (Stanhay 870 belt - System und 785 pneumatisches System) bei der Aussaat von Salat [29]. Um die Genauigkeit der pneumatischen Maschinen für dieses sehr anspruchsvolle Saatgut zu verbessern, verringerten die Autoren die Fallhöhe durch Modifikationen am Schar und am Gehäuse. Trotz der vorgenommenen Veränderungen erreichten die mechanischen Systeme höhere Ablagegenauigkeiten.

Zusammenfassung

Neue Entwicklungen für Drillsaat ermöglichen die automatische Einstellung der Aussaatmenge unter Wegfall der Abdreprobe. Technische Lösungen bestehen in der Integration eines Wiegetanks oder in der Verwendung leistungsfähiger Sensoren für die Körnerzählung mit Zählfrequenzen bis zu 10.000 Körner pro Sekunde. Weitere Neuheiten betreffen u.a. modulare und flexibel einsetzbare Dosiergeräte, Direktsaatschare, kabellos arbeitende Durchflusssensoren und neue Elektronikfunktionen.

Im Bereich Einzelkornsaat stellen Lemken und Grimme neue Maschinen vor. Komplexe Automatisierungslösungen integrieren bisher nicht genutzte Parameter, z. B. die Anpressdruckreserve in die Regelung, um die Ablagepräzision weiter zu erhöhen. Zwei Lösungen zur Steigerung der Effizienz bei der Startdüngung von Mais werden vorgestellt.

Forschungsergebnisse beinhalten u.a. die Optimierung der Vereinzlung verschiedener Saatgüter, die Auswirkung verschiedener Parameter auf die Ablagegenauigkeit und den Ertrag bei Mais sowie erste Schritte zur Erstellung einer DEM- Datenbank für landwirtschaftlich genutzte Stoffe.

Literatur

- [1] Giesen, G.: Automatische Abdrehprobe zur Saatguteinstellung von pneumatischen Drillmaschinen. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015. LEMKEN GmbH & Co. KG, Alpen.
- [2] Stark, C.: Fenix III. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015, Väderstad-Verken AB, Väderstad, Sweden.
- [3] -, -: ELDOS - Easy Calibration with the new Metering Device by Kverneland Accord. Press Release, 27. 07. 2015, Kverneland Group GmbH, Soest.
- [4] -, -: Avatar – Neue Sämaschine mit Einscheibenschar. Pressemitteilung, Schwandorf, 25.09.2015, Horsch Maschinen GmbH.
- [5] -, -: Go for Innovation. Neuheiteninformation zur Agritechnica 2015, AMAZONEN-WERKE H. DREYER GmbH & Co. KG, Hasbergen-Gaste.
- [6] Gall, C.; Köller, K.: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012.
- [7] Stark, C.: SeedEye. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015, Väderstad-Verken AB, Väderstad, Sweden.
- [8] Buschmeier, F.: AIRidium®-Sensor. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015, Müller-Elektronik GmbH & Co. KG Salzkotten.
- [9] -, -: SeedControl – Kein Abdrehen mehr bei allen HORSCH Sämaschinen. Pressemitteilung, Schwandorf, 25.09.2015, Horsch Maschinen GmbH.
- [10] Baker, W.: Wireless flow monitoring system for an Airseeder, internationale Patentanmeldung WO 2014/197973 A1; 2014.
- [11] Giesen, G.: DeltaRow. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015, Lemken GmbH & Co. KG, Alpen.
- [12] Wronka, T.: Qualitätssystem mit Infield-Automatisierung für John Deere ExactEmerge. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015, John Deere GmbH & Co. KG, Mannheim.
- [13] Braun, M.: Horsch AutoForce. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015, Horsch Maschinen GmbH, Schwandorf.
- [14] Braun, M.: Horsch Contour Farming. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015, Horsch Maschinen GmbH, Schwandorf.
- [15] Burgardt, D.: AccuShot. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015. Great Plains Manufacturing Inc., Salina, Kansas USA.
- [16] Kaczmarczyk, A.: Optima TF Profi. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015, Kvernelandgroup Deutschland GmbH, Soest.
- [17] -, -: Matrix 1200/1800. Produktinformation Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG, Damme: 2015.
- [18] Koller, A. et al: Test method for precision seed singulation systems; Transactions of the ASABE Vol. 57(5), 2014, S. 1283-1290.

- [19] Yazgi, A. et al: Performance modeling and seed releasing characteristics of a corn planter metering unit using response surface methodology. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152184161.
- [20] Taylor, R. et al: Evaluation of Corn Seed Orientation. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152134331.
- [21] Taylor, R. et al: Designing a Precision Planter to Place Oriented Corn Seeds. VDI-Berichte Nr. 2251, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 2015, S. 133 – 139.
- [22] Yazgi, A. et al: Isolating Corn Plant Spacing Variability. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152115668.
- [23] Zhang, R. et al: Optimal design and simulation analysis on a sowing depth control unit for corn precision planter. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152189688.
- [24] Liang, Z. et al: Experimental Study on Motor Driven Pneumatic Precision Seed-metering Device For Maize. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152189758.
- [25] Prüfer, A.; Meinel, T.: ADALS – A Database for Agricultural Materials and a new Approach in Parameterization of DEM Simulations. VDI-Berichte Nr. 2251, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 2015, S. 371-378.
- [26] Han, D. et al: Design and Simulation of air-suction precision cottonseed-metering device based on discrete element method. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152188925.
- [27] Liu, Q. et al: Maize seed movement characteristic and seed-filling performance analysis in seed transport and delivery unit based on ADAMS. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152189854.
- [28] Liu, C. et al: The Research on Filling Theory of Rice Seed Precision Metering Device Based on Three Dimension Scanning Technique. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152188484.
- [29] Siemens, M.C.; Gayler, R.R.: Improving Seed Spacing Uniformity of Precision Vegetable Planters. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152190060.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 05.02.2016

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Meinel, Till: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-11

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055117>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/242.html>